

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

#2  
9 Apr 02  
R. Talbot

JC979 U.S. PTO

10/074623



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2001年 2月13日

出願番号

Application Number:

特願2001-081672

[ST.10/C]:

[JP2001-081672]

出願人

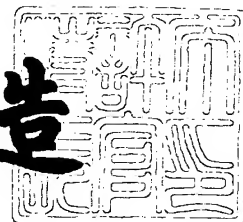
Applicant(s):

中山 喜萬  
大研化学工業株式会社

2002年 1月22日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2002-3000522

【書類名】 特許願  
 【整理番号】 MH130213P2  
 【提出日】 平成13年 2月13日  
 【あて先】 特許庁長官 殿  
 【発明の名称】 受発光プローブ及び受発光プローブ装置  
 【請求項の数】 5  
 【発明者】

【住所又は居所】 大阪府枚方市香里ヶ丘1丁目14番地の2、9-404  
 【氏名】 中山 喜萬

【発明者】  
 【住所又は居所】 大阪府大阪市城東区放出西2丁目7番19号 大研化学工業株式会社内  
 【氏名】 原田 昭雄

【特許出願人】  
 【識別番号】 599004210  
 【住所又は居所】 大阪府枚方市香里ヶ丘1丁目14番地の2、9-404  
 【氏名又は名称】 中山 喜萬

【特許出願人】  
 【識別番号】 591040292  
 【住所又は居所】 大阪府大阪市城東区放出西2丁目7番19号  
 【氏名又は名称】 大研化学工業株式会社  
 【代表者】 原田 昭雄

【代理人】  
 【識別番号】 100084342  
 【住所又は居所】 大阪府堺市百舌鳥梅北町3丁125番地の211  
 【弁理士】  
 【氏名又は名称】 三木 久巳  
 【電話番号】 0722(57)8679

【提出物件の目録】

【物件名】	明細書	1
【物件名】	図面	1
【物件名】	要約書	1

【書類名】 明細書

【発明の名称】 受発光プローブ及び受発光プローブ装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ホルダーに基端部を固定して先端部が突設された導電性ナノチューブ探針と、この導電性ナノチューブ探針の周面に形成された受発光体と、この受発光体に固定された導電性ナノチューブリード線と、この導電性ナノチューブリード線と前記導電性ナノチューブ探針の両端に通電する手段から構成され、前記受発光体により受光・発光させることを特徴とする受発光プローブ。

【請求項 2】 カンチレバー部に突出部を形成した A F M 用カンチレバーを利用し、この突出部を前記ホルダーとして用い、カンチレバー部に 2 本の電極膜を形成し、前記導電性ナノチューブリード線の一端を一つの電極膜に接続し、導電性ナノチューブ探針を他の電極膜に接続し、両電極膜間に通電するように構成された請求項 1 に記載の受発光プローブ。

【請求項 3】 カンチレバー部に突出部を形成した A F M 用カンチレバーを利用し、この突出部を前記ホルダーとして用い、カンチレバー部に 2 本の電極膜を形成し、前記ナノチューブリード線の一端を一つの電極膜に接合し、導電性ナノチューブ探針と他の電極膜の間を別の導電性ナノチューブリード線で連結し、両電極膜間に通電するように構成された請求項 1 に記載の受発光プローブ。

【請求項 4】 カンチレバー部に突出部を形成した A F M 用カンチレバーを利用し、カンチレバー部に 2 本の電極膜を形成し、前記突出部の先端近傍に受発光体を形成し、この受発光体の両端と前記 2 本の電極膜とを電氣的に導通させ、両電極膜間に通電して受発光体により受光・発光させることを特徴とする受発光プローブ。

【請求項 5】 請求項 1、2、3 又は 4 に記載の受発光プローブと、この受発光プローブを試料に対し走査する走査機構と、前記受発光プローブの受発光体により受光・発光させる制御回路からなることを特徴とする受発光プローブ装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は試料表面の極小領域を点灯したり極小領域からの光を受光する受発光プローブに関し、更に詳細には、ホルダーに固定した導電性ナノチューブ探針の側面に受発光体を形成したり、またAFM用カンチレバーの突出部側面に受発光体を形成して、この受発光体により光を受光・発光できる受発光プローブ及び受発光プローブ装置に関する。

## 【0002】

## 【従来の技術】

従来から、発光材料の開発は急速に進められており、光と電子を応用するオプトエレクトロニクスで総称される新技術分野が生まれている。その中で、発光ダイオード、レーザーダイオード、プラズマ、蛍光、液晶、エレクトロルミネッセンス、光ICなど様々な技術展開が行われている。

## 【0003】

しかし、これらの光技術は主として肉眼または光学顕微鏡レベルの視野のサイズ領域を対象としたもので、近年急速に発展しているナノ領域を対象としたものではない。光ファイバーを利用して微小領域を点灯する技術は開発されているが、光ファイバーをナノサイズにまで極小化できないため、ナノ領域の点灯・消灯を自在に制御することは不可能であった。

## 【0004】

## 【発明が解決しようとする課題】

一方、原子間力顕微鏡（AFM）や走査型トンネル顕微鏡（STM）などが開発されており、試料表面を原子レベルで撮影したり、試料表面上で原子を移動制御する技術が進展している。この技術展開に連動して、ナノサイズの領域を効率よくピンポイント的に点灯・消灯する光技術が要望されている。

## 【0005】

最近になって、光ファイバーの中にエバネッセント波を伝播させる光ファイバー技術が提案された。この光ファイバー技術は光ファイバーの先端から浸み出た光を利用して極小領域を点灯させるものであるが、先端の開口部の製作やファイバーのハンドリングなど問題が多い。また、エバネッセント波は光強度が指数関

数的に減衰するため光の利用効率がよくない。つまり、要望の大きさに反比例して、有効に利用できるナノ領域の発光技術は今まで無かったと云える。

## 【 0 0 0 6 】

従って、本発明に係る受発光プローブ及び受発光プローブ装置は、物質表面のナノ領域をピンポイント的に点灯・消灯することを可能にし、有効に利用できるナノ領域の照明技術を提供することを目的とする。同時に、試料表面の極小領域から放射される光を受光できるナノ領域の受光技術を提供することを目的とする。

## 【 0 0 0 7 】

## 【課題を解決するための手段】

請求項 1 の発明は、ホルダーに基端部を固定して先端部が突設された導電性ナノチューブ探針と、この導電性ナノチューブ探針の周面に形成された受発光体と、この受発光体に固定された導電性ナノチューブリード線と、この導電性ナノチューブリード線と前記導電性ナノチューブ探針の両端に電圧を印加する手段から構成され、前記受発光体により受光・発光させることを特徴とする受発光プローブである。

## 【 0 0 0 8 】

請求項 2 の発明は、カンチレバー部に突出部を形成した A F M 用カンチレバーを利用し、この突出部を前記ホルダーとして用い、カンチレバー部に 2 本の電極膜を形成し、前記導電性ナノチューブリード線の一端を一つの電極膜に接続し、導電性ナノチューブ探針を他の電極膜に接続し、両電極膜間に電圧を印加するように構成された請求項 1 に記載の受発光プローブである。

## 【 0 0 0 9 】

請求項 3 の発明は、カンチレバー部に突出部を形成した A F M 用カンチレバーを利用し、この突出部を前記ホルダーとして用い、カンチレバー部に 2 本の電極膜を形成し、前記ナノチューブリード線の一端を一つの電極膜に接合し、導電性ナノチューブ探針と他の電極膜の間を別の導電性ナノチューブリード線で連結し、両電極膜間に電圧を印加するように構成された請求項 1 に記載の受発光プローブである。

## 【 0 0 1 0 】

請求項 4 の発明は、カンチレバー部に突出部を形成した A F M 用カンチレバーを利用し、カンチレバー部に 2 本の電極膜を形成し、前記突出部の先端近傍に受発光体を形成し、この受発光体の両端と前記 2 本の電極膜とを電氣的に導通させ、両電極膜間の通電により受発光体を受光・発光させることを特徴とする受発光プローブである。

## 【 0 0 1 1 】

請求項 5 の発明は、請求項 1、2、3 又は 4 に記載の受発光プローブと、この受発光プローブを試料に対し走査する走査機構と、前記受発光プローブの受発光体により受光・発光させる制御回路からなることを特徴とする受発光プローブ装置である。

## 【 0 0 1 2 】

## 【発明の実施の形態】

以下に、本発明に係る受発光プローブ及び受発光プローブ装置の実施形態を図面に従って詳細に説明する。

## 【 0 0 1 3 】

図 1 は本発明に係る受発光プローブの第 1 実施形態の概略斜視図である。この受発光プローブ 1 9 は、A F M 用カンチレバー 2 を加工して構成されている。カンチレバー 2 はカンチレバー部 4 と、その先端に突設されたホルダー 8（突出部又はピラミッド部とも称する）から構成されている。

## 【 0 0 1 4 】

カンチレバー部 4 の両側面には電極膜 5、6 が設けられ、これらは導電性物質をコーティングして形成されている。電極膜 5、6 の後端部には接点 5 a、6 a を通して制御回路 C が接続されている。この制御回路 C は電圧供給用の電源 2 0（又は電流供給用）とスイッチ 2 1 から構成されている。この実施形態では、後述する受発光体との関係で前記電源 2 0 として交流電源が使用されている。

## 【 0 0 1 5 】

前記ホルダー 8 には導電性ナノチューブ探針 1 0 が配置されている。この導電性ナノチューブ探針 1 0 は導電性ナノチューブの基端部 1 0 b をホルダー 8 に固

定し、先端部 1 0 a を下方に突出させ、先端 1 0 c を試料 2 2 の表面 2 2 a に近接配置して構成されている。

【 0 0 1 6 】

導電性ナノチューブ探針 1 0 の基端部 1 0 b はホルダー 8 に電子ビーム照射により熱融着されている。電流を通電して融着させても良い。このような熱融着固定に代えてコーティング膜固定を行ってもよい。この基端部 1 0 b と電極膜 5 の間には導電性ナノチューブリード線 1 2 を介装し、その両端は融着部 1 3 a、1 3 b において同様に熱融着により固定されている。この融着もコーティング膜で代えることができる。更に、融着部 1 3 a、1 3 b の上からコーティング膜 1 4 a、1 4 b が被膜形成されている。従って、導電性ナノチューブ探針 1 0 と導電性ナノチューブリード線 1 2 がホルダー 8 と電極膜 5 に強固に固着される。

【 0 0 1 7 】

導電性ナノチューブ探針 1 0 の周面の要所には通電による受発光体 1 5 が堆積形成されている。この受発光体 1 5 は通電により発光したり、逆に光を受光できる素子である。この受発光体 1 5 と電極膜 6 の間には導電性ナノチューブリード線 1 6 が介装されている。リード線端部 1 6 a、1 6 b は受発光体 1 5 と電極膜 6 にそれぞれ熱融着して接合されている。この熱融着もコーティング膜で代替できる。このようなコーティング膜は物理吸着された表面に P V D 法や C V D 法により形成できる。

【 0 0 1 8 】

リード線端部 1 6 b の融着部 1 7 は更にコーティング膜 1 8 により電極膜 6 に強固に固着されている。リード線端部 1 6 a には導電性ナノチューブ探針 1 0 と一体に外周全体を取り巻く被膜を形成することによって強固な固着を実現できる。但し、この外周被膜は図示されていない。

【 0 0 1 9 】

ナノチューブは導電性ナノチューブと絶縁性ナノチューブに分けられる。導電性ナノチューブにはカーボンナノチューブのような通電性のナノチューブが含まれ、絶縁性ナノチューブには B C N 系ナノチューブや B N 系ナノチューブ等の非通電性のナノチューブが含まれる。P V D 法や C V D 法など公知の方法により絶



縁性ナノチューブの表面に導電性被膜を形成すると導電性を付与できるから、このようなナノチューブも導電性ナノチューブに属することになる。

#### 【 0 0 2 0 】

本発明で用いられるナノチューブ探針やナノチューブリード線は電圧を印加して電流通電を行うから、導電性を有する必要がある。従って、それらを導電性ナノチューブ探針及び導電性ナノチューブリード線と称している。

#### 【 0 0 2 1 】

コーティング膜を形成するには、所要場所に電子ビームを照射し、電子顕微鏡装置内に不純物として存在する有機物を分解してカーボンを前記所要場所に堆積させればよい。勿論、前記所要場所に堆積した有機物に照射しても、カーボン以外が放散され残りのカーボンが残留して被膜を形成する。他に、有機性ガスを装置内に導入して分解させてもよい。電子ビームに代えてイオンビームでも同様の処理が可能である。

#### 【 0 0 2 2 】

本実施形態に利用される受発光体の材料としてはエレクトロルミネッセンス材料が用いられる。この材料には無機材料と有機材料があり、無機材料の代表例は  $ZnS$  で、活性剤を添加して発光色を変化させることができる。有機材料には、アントラセン等の共役ポリマーがある。

#### 【 0 0 2 3 】

前記無機材料に添加される活性剤とその発光色を例示すると、 $Mn$  なら黄橙色、 $SmF_3$  なら赤色、 $La_2O_2S(Tb)$  なら白色、 $CaSiEu$  なら赤色、 $TbF_3$  なら緑色、 $Cu$  と  $I$  なら青色、 $Cu$  と  $Al$  なら緑色である。電圧印加により、加速された電子が衝突して活性剤準位から電子が伝導体に励起され、材料中を移動して他のイオン化した活性剤準位と再結合して発光する。逆に、光を受光して電子-正孔を形成し、電流が流れて受光を検出する。従って、受発光体は受光素子として機能すると同時に発光素子としても機能し、この発明の受発光体は受光体機能を有する場合と、発光体機能を有する場合の両者を意味する用語である。従って、受発光プローブも受光プローブとして利用される場合と発光プローブとして利用される場合の両方を含んでいる。

## 【0024】

第1実施形態では電源20として交流電源を使用して電気発光させている。動作周波数が変化すると発光色が変化する材料もある。また、ZnSなどのエレクトロルミネッセンス材料を薄膜形成した場合には直流電源でも発光する。

## 【0025】

受発光体15を導電性ナノチューブ探針10に形成するには、PVD法（物理的蒸着法）やCVD法（化学的蒸着法）が使用できる。不要部に付着した受発光体材料は電子ビーム照射やイオンビーム照射により除去できる。

## 【0026】

導電性ナノチューブの典型例はカーボンナノチューブである。カーボンナノチューブの断面直径は約1nm～数十nmにまで分布し、軸長はnmオーダーから $\mu$ mオーダーにまで分布し、アスペクト比（軸長／直径）は極めて大きい。本発明に直接関連するのは断面直径であり、ナノチューブの構造から発現する最小理論値は約1nmである。図1に示される導電性ナノチューブ探針10の断面直径は約1nmである。

## 【0027】

次に、上記構成の作用について説明する。スイッチ21をオンして電源20により受発光体15に交流電圧を印加する。電圧の印加により受発光体15は励起発光し、導電性ナノチューブ探針10の先端10cの付近を矢印23のようにピンポイント的に光照射する。

## 【0028】

この受発光プローブ19は発光プローブであると同時に、走査型顕微鏡用プローブでもある。導電性ナノチューブ探針10の先端10cは試料22の表面22aをAFM走査してその表面像を撮像できる。この撮像中、走査される試料表面22aを受発光体15の発光によりピンポイント的に一時的に光照射すると、光照射による表面原子の移動などが検出できる。また、この受発光体15は特定原子集団からの放射された光をピンポイント的に受光して試料の発光現象を検出することもできる。

## 【0029】

つまり、この受発光プローブ19は単にナノ領域をピンポイント的に光照射したりナノ領域からの受光をする装置であるだけでなく、光照射により生じる現象、例えば光電気効果、光磁気効果、光力学効果などをそのAFM機能によって検出する装置でもある。光照射により表面原子に動きがあれば、その動きをAFM機能によって捉えることができる。

#### 【0030】

図2は本発明に係る受発光プローブの第2実施形態の概略斜視図である。第1実施形態と同一部分には同一符号を打ってその作用効果の説明を省略する。第1実施形態と異なる部分は、接合電極膜5b、6bとPN接合方式による受発光体15の存在である。

#### 【0031】

第1の点は、導電性ナノチューブリード線12に代えて接合電極膜5b、6bをホルダー8に形成したことである。この接合電極膜5b、6bは電極膜5、6と電氣的に導通している。従って、導電性ナノチューブ探針10の基端部10bを融着部13a及び／又はコーティング被膜14aで固定するだけで、導電性ナノチューブ探針10への電圧印加が可能になる。これと同様に、リード線端子16bを接合電極膜6bに融着部17及び／又はコーティング膜18で固定する。

#### 【0032】

つまり、第1実施形態において必要とされた導電性ナノチューブリード線12と融着部13b及びコーティング膜14bが不要となり、これらの処理工程が割愛できる特徴を有している。接合電極膜5bの形成は電極膜5、6の形成工程と同時にできるので、工程数及び製造コストの低下を実現できる。

#### 【0033】

第2の点は、高電場励起のエレクトロルミネッセンス方式に代えて、受発光体15としてN型半導体層15aとP型半導体層15bのPN接合方式を採用していることである。N型半導体層15aは電子輸送材層、P型半導体層15bは正孔輸送材層といってもよく、一般の半導体と比べて層の厚さは極めて薄く、導電性ナノチューブ探針10の周面に形成するため最小厚は数分子層である。この電子輸送材層15a及び正孔輸送材層15bは自己組織化膜を形成しながら1分子層

ずつ堆積形成されてゆく。

【0034】

これらの半導体材料には無機材料と有機材料がある。無機材料にはSi系、GaAs系、 $Al_xGa_{1-x}As$ 系、InP系、 $In_xGa_{1-x}As_yP_{1-y}$ 系、GaP系、 $GaAs_xP_{1-x}$ 系などがあり、これにP型不純物を添加してP型半導体とし、またN型不純物を添加してN型半導体とする。

【0035】

有機半導体には正孔輸送材（P型半導体）と電子輸送材（N型半導体）があり、論文「Progress in Electroluminescent Device Using Molecular Thin Films」(Tetsuo Tsutsui, MRS BULLETIN/JUNE 1997, pp39-45)に多数掲載されている。この論文には、略称名が分子構造を図示して記載され、正孔輸送材としてはTPD、 $\alpha$ -NPD、mTADATA、HTM-1、TPTEなどの有機物質があり、電子輸送材としてはt-Bu-PBD、BND、OXD-7、OXD-Star、TAZ、Alq、Bebq、BA1q1、ZnPBO、ZnPBT、DTVBi、DCM、QA、Rubrene、Perylene等の有機物質がある。

【0036】

N型半導体層15aとP型半導体層15bを接合してPN接合を形成し、順方向に電流を流して電子と正孔を注入すると、電子と正孔の再結合によりPN接合部から発光する。図2では電源20は順方向に電圧を印加しており、接合部から放射光23が試料表面22aに照射される。逆に、試料表面から放射される光をPN接合部で受光し、電子-正孔の形成により光を検出できる。

【0037】

導電性ナノチューブ探針10の先端10cには受発光体15は形成されていないから、先端10cにより試料表面22aをAFM走査できる。試料表面22aをピンポイント的に光照射しながら、表面原子の動きを検出することができる。先端10cに磁気感受性物質を固着させておけば、光照射により誘起される試料表面22aの磁8効果を検出することもできる。

## 【0038】

図3は導電性ナノチューブ探針に受発光体を溶液形成する工程図である。この工程図では、発光体15としてPN接合方式の場合を説明する。(1)では、正孔輸送材Aを分散溶解させた溶液の中に導電性ナノチューブ探針10の先端部10aを浸漬させる。その結果、(2)では先端部10aに正孔輸送材Aが層状に付着してP型半導体層15bが形成される。

## 【0039】

(3)では、電子輸送材Bを分散溶解させた溶液の中に、前記導電性ナノチューブ探針10の先端部10aを浸漬させる。その結果、(4)では先端部10aのP型半導体層15bの上に、更に電子輸送材Bが層状に付着してN型半導体層15aが形成される。P型半導体層15bとN型半導体層15aの2層形成によってPN接合が形成される。先端10cの近傍だけ受発光体15を除去する必要がある場合には、先端近傍をイオンビーム照射すればよい

## 【0040】

P型半導体層15bとN型半導体層15aから発光体15が構成される。このN型半導体層15aの上に導電性ナノチューブリード線16のリード線端部16aが接合される。この接合は電子顕微鏡などの拡大装置内でビーム融着によって行われる。

## 【0041】

図3では、P型半導体層15bの上にN型半導体層15aを形成したが、N型半導体層15aの上にP型半導体層15bを形成してもよい。電圧の順方向印加又は逆方向印加は電源20の極性調節によって自在に行われる。また、エレクトロルミネッセンス材料を形成する場合にも、この溶液形成法を利用できることは言うまでもない。

## 【0042】

溶液形成法に代えて、真空装置内でPVD法やCVD法を用いて、PN接合方式やエレクトロルミネッセンス方式の発光体の層形成を行うこともできる。層形成過程を撮像しながら行うためには、電子顕微鏡装置や集束イオンビーム装置などを利用することもできる。

## 【0043】

図4は本発明に係る受発光プローブの第3実施形態の概略斜視図である。本実施形態では導電性ナノチューブ探針は使用せず、AFM用のカンチレバー2をそのまま使用して受発光プローブ19を形成する。電極膜5、6を形成したカンチレバー部の構成は第1実施形態と同様であるからその説明を省略する。

## 【0044】

本実施形態の特徴は、カンチレバー2の探針となる突出部、即ちホルダー8に2本の接合電極膜5a、5bを形成し、これらの接合電極膜5a、5bに両端を接続されるように受発光体15を形成していることである。接合電極膜5a、5bは前記電極膜5、6に電氣的に導通している。

## 【0045】

この実施形態では、探針点となるホルダー8の先端8aを残すように受発光体15を形成している。従って、この受発光プローブ19を用いれば、受発光体15により受光・発光しながら、試料表面22aをホルダー先端8aでAFM走査することができる。ホルダー先端8aは導電性ナノチューブ探針10の先端10cほどの分解能は有しないが、AFM用のカンチレバー2を使用しているため、AFM機能としては十分である。

## 【0046】

受発光体15としては、エレクトロルミネッセンス受発光体やPN接合受発光体などが利用できる。エレクトロルミネッセンス受発光体では図4に示した電極膜構造で電圧を印加できる。PN接合受発光体では、2層をPN接合させるから、上下の層に電圧を印加する必要がある。従って、接合電極膜5a、5bの一つを残し、もう一つの接合電極膜は受発光体の上層に形成すればよい。また上層については、導電性ナノチューブリード線で上層と電極膜の間を導通させても良い。

## 【0047】

図5は本発明に係る受発光プローブ装置の第1実施形態の構成図である。この受発光プローブ装置は受発光プローブ19とその走査機構SDから構成される。この実施形態で使用される受発光プローブ19は導電性ナノチューブ探針10を

使用した図1又は図2に示される受発光プローブである。この受発光プローブ19は図示しないホルダーセット部に着脱自在に固定される。その交換は受発光プローブ19を取り替えることによって行われる。ホルダーセット部に固定した後、発光プローブ19の導電性ナノチューブ探針10の先端10cを試料22の表面22aの近傍に配置する。

## 【0048】

試料22はピエゾ素子からなる走査駆動部28によりXYZ方向に駆動される。30は半導体レーザー装置、32は反射ミラー、33は上検出器33aと下検出器33bからなる二分割光検出器、34はXYZ走査回路、35はAFM表示装置、36はZ軸検出回路である。

## 【0049】

まず、導電性ナノチューブ探針10の先端10cを試料22の表面22aに、所定の斥力位置になるまで、接近させる。その後、Z位置を固定した状態まま、走査回路34で走査駆動部28をXY走査する。このとき、制御回路Cにより受発光体15により受光・発光させ導電性ナノチューブ探針10の先端10cの所要位置をピンポイント的に光照射したり、試料からの放射光を受光できる。光照射による原子面の変動は先端10cで検出される。

## 【0050】

先端10cを走査すると、表面原子の凹凸でカンチレバー2が撓み、反射したレーザービームLBが二分割光検出器33に位置変位して入射する。上下の検出器33a、33bの光検出量の差からZ軸方向の変位量をZ軸検出回路36で算出し、この変位量を原子の凹凸量としてAFM表示装置35に表面原子像を表示する。この表面原子像により光照射の影響を知ることができる。

## 【0051】

上述したAFM装置は光てこ方式で試料表面の凹凸を検出するが、圧電体方式を利用することもできる。圧電体をカンチレバーに固定し、カンチレバーの撓みにより圧電体を伸縮させ、圧電体の発生電圧により試料表面の凹凸を表示する。

## 【0052】

図6は本発明に係る発光プローブ装置の第2実施形態の構成図である。この例

では、AFM用カンチレバーを使用せず、STM用ホルダーを使用している。ここでSTMは走査型トンネル顕微鏡を意味する。このホルダー8は絶縁性の平板状のホルダーで、これに導電性ナノチューブ探針10を融着及びコーティング膜により固着して構成されている。

#### 【0053】

導電性ナノチューブ探針10とホルダー8との具体的構成は図1又は図2と全く同様であるため、詳細は図示していない。しかし、その構成を説明しておく、導電性ナノチューブ探針10の外周面に受発光体が堆積され、この受発光体に導電性ナノチューブリード線の一端が固定される。この導電性ナノチューブリード線他端と導電性ナノチューブ探針10の基端部10bには2本の電極膜を介して電圧印加用の制御回路Cが接続される。この制御回路Cにより前記受発光体を受光・発光させ、導電性ナノチューブ探針10の先端10c近傍を光制御を行う。

#### 【0054】

このホルダー8をホルダーセット部25の切り溝25aに嵌合してバネ圧で着脱自在に固定する。Xピエゾ28x、Yピエゾ28y、Zピエゾ28zからなる走査駆動部28は、ホルダーセット部25をXYZの3次元方向に伸縮操作して発光プローブ19の試料22に対する走査を実現する。38はトンネル電流検出回路、39はZ軸制御回路、40はSTM表示装置、41はXY走査回路である。

#### 【0055】

まず、Z軸制御回路39で導電性ナノチューブ探針10の先端10cを試料22の表面22aに所定距離まで接近させる。その後、XY走査回路41により先端10cを走査しながら、試料22の表面状態を検出する。

#### 【0056】

検出の具体的手順は次の通りである。まず、各XY位置でトンネル電流が一定になるようにZ軸制御回路39で先端10cをZ方向に伸縮制御し、この移動量がZ軸方向の凹凸量になる。受発光プローブ19をXY走査するに従いSTM表示装置40に表面原子像が表示される。発光体15の発光と表面原子像との相互



関係は、研究目的によって種々様々であり、その目的に応じて自在に受光・発光制御すればよい。受発光プローブ 19 を交換する場合には、ホルダー 8 をホルダーセット部 25 から取り外し、受発光プローブ 19 の全体を一体で交換する。

【0057】

図 4 に示す第 3 実施形態の受発光プローブを使用して受発光プローブ装置を構成できる。構成方法は図 5 の装置と同様であるから、その詳細を省略する。

【0058】

本発明は上記実施形態に限定されるものではなく、本発明の技術的思想を逸脱しない範囲における種々の変形例、設計変更などをその技術的範囲内に包含することは云うまでもない。

【0059】

【発明の効果】

請求項 1 の発明によれば、導電性ナノチューブ探針の周面に受発光体を形成し、この受発光体を通電受発光させるから、試料表面をナノオーダーでピンポイント的に光照射したり、試料からの放射光を受光できる。しかも導電性ナノチューブ探針の先端で試料表面を A F M など走査できるから、受発光と試料表面の物理化学的応答との相互関係を明確にでき、ナノ科学に有力な手段を提供できる。

【0060】

請求項 2 の発明によれば、A F M 用のカンチレバーを利用し、その突出部に導電性ナノチューブ探針を配置し、この導電性ナノチューブ探針の周面に受発光体を構成したから、受発光プローブを比較的簡単に構成でき、しかも受発光プローブを走査するのに従来の A F M 装置をそのまま適用することができる利点がある。

【0061】

請求項 3 の発明によれば、請求項 2 の上記効果と同様の効果があり、同時に受発光体の両端に導電性ナノチューブリード線を介して電圧を印加するように構成したから、カンチレバー部の電極膜の形態に拘わらず、受発光体の両端と電極膜の間を自在に導通接続することが可能になる。

【0062】

請求項 4 の発明によれば、A F M 用カンチレバーをそのまま利用し、その突出部の先端近傍に受発光体を形成したから、既存のカンチレバーを用いて従来存しなかった極小領域を受光・発光できる受発光プローブを提供できる。導電性ナノチューブ探針に周面形成した受発光体と比較して受発光領域がやや広くなるが、相互に補完し合って極小領域の多様な光制御が可能になる。

【 0 0 6 3 】

請求項 5 の発明によれば、前記受発光プローブに走査機構と発光制御回路を設けることによって、受発光プローブを自在に走行制御しながら、任意のタイミングで同時に受光・発光操作ができ、ナノ科学の進展に多大な寄与をすることができ。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明に係る受発光プローブの第 1 実施形態の概略斜視図である。

【図 2】

本発明に係る受発光プローブの第 2 実施形態の概略斜視図である。

【図 3】

導電性ナノチューブ探針に受発光体を溶液形成する工程図。

【図 4】

本発明に係る受発光プローブの第 3 実施形態の概略斜視図である。

【図 5】

本発明に係る受発光プローブ装置の第 1 実施形態の構成図である。

【図 6】

本発明に係る受発光プローブ装置の第 2 実施形態の構成図である。

【符号の説明】

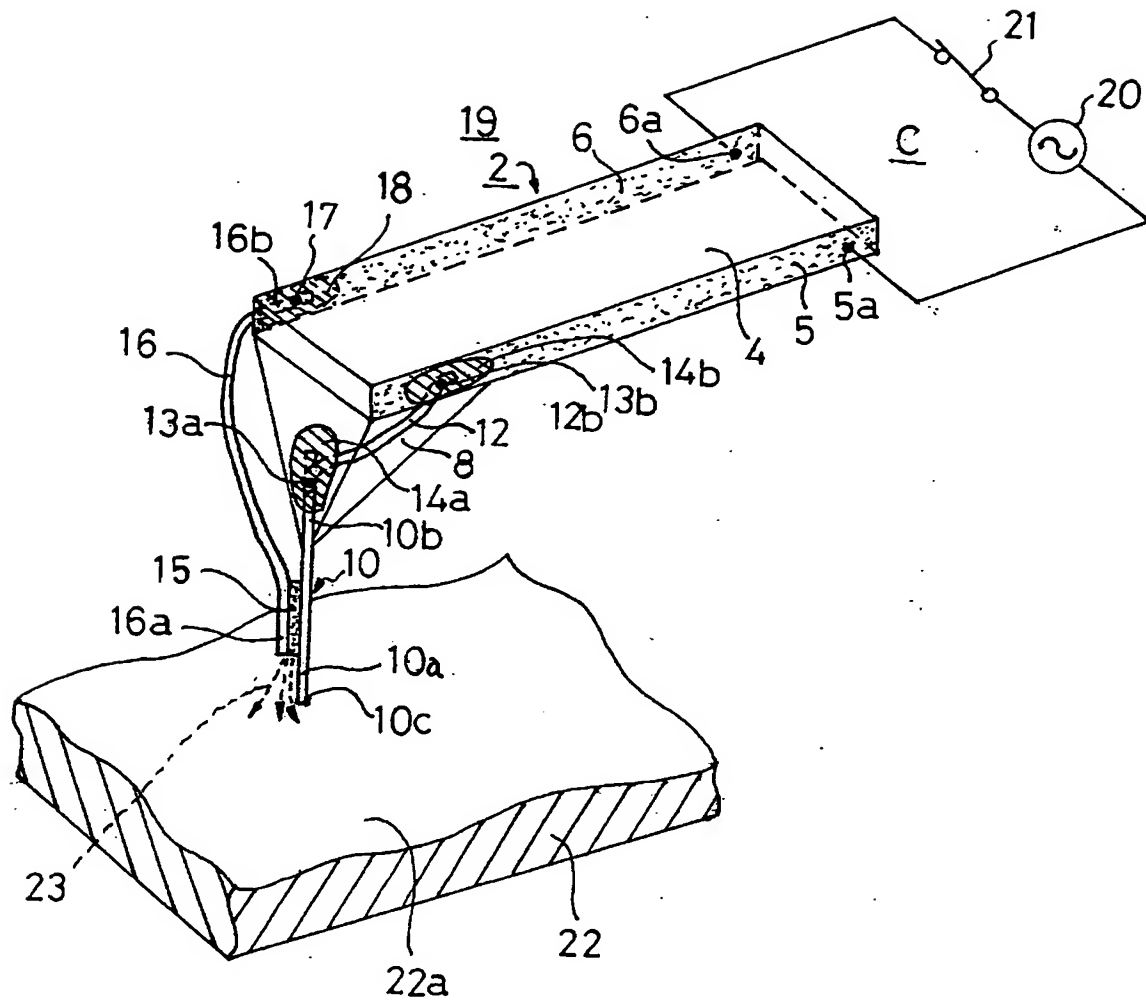
- 2 . . . . . カンチレバー
- 4 . . . . . カンチレバー部
- 5 . . . . . 電極膜
- 5 a . . . . . 接点
- 5 b . . . . . 接合電極膜

- 6 . . . . 電極膜
- 6 a . . . . 接点
- 6 b . . . . 接合電極膜
- 8 . . . . ホルダー
- 8 a . . . . 先端
- 10 . . . . 導電性ナノチューブ探針
- 10 a . . . . 先端部
- 10 b . . . . 基端部
- 10 c . . . . 先端
- 12 . . . . 導電性ナノチューブリード線
- 13 a . . . . 融着部
- 13 b . . . . 融着部
- 14 a . . . . コーティング膜
- 14 b . . . . コーティング膜
- 15 . . . . 受発光体
- 15 a . . . . N型半導体層
- 15 b . . . . P型半導体層
- 16 . . . . 導電性ナノチューブリード線
- 16 a . . . . リード線端部
- 16 b . . . . リード線端部
- 17 . . . . 融着部
- 18 . . . . コーティング膜
- 19 . . . . 受発光プローブ
- 20 . . . . 電源
- 21 . . . . スイッチ
- 22 . . . . 試料
- 22 a . . . . 表面
- 23 . . . . 放射光
- 25 . . . . ホルダーセット部

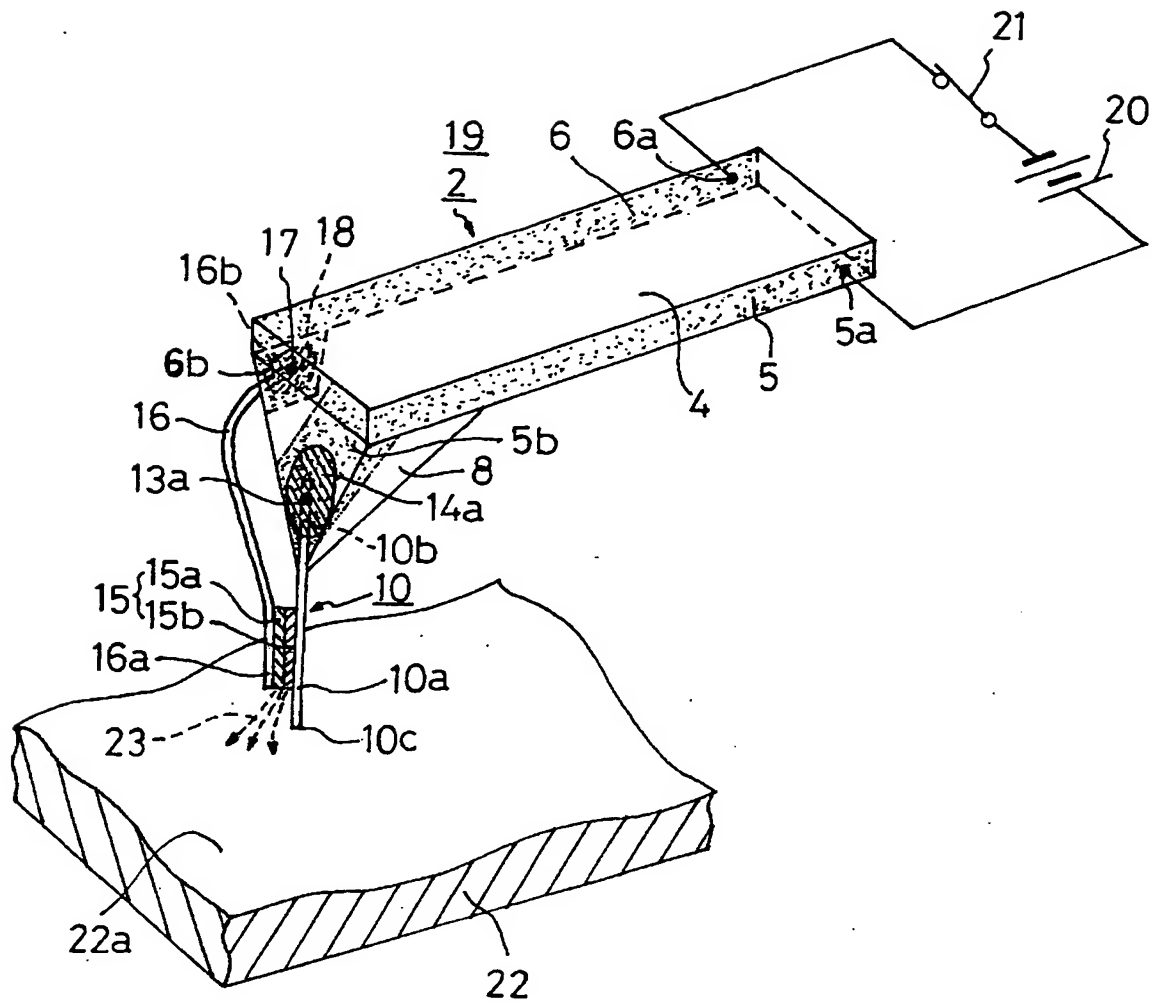
2 5 a . . . 切り溝  
2 6 . . . 受発光プローブ装置  
2 8 . . . 走査駆動部  
2 8 x . . . Xピエゾ  
2 8 y . . . Yピエゾ  
2 8 z . . . Zピエゾ  
3 0 . . . 半導体レーザー装置  
3 2 . . . 反射ミラー  
3 3 . . . 二分割光検出器  
3 3 a . . . 上検出器  
3 3 b . . . 下検出器  
3 4 . . . X Y Z 走査回路  
3 5 . . . A F M 表示装置  
3 6 . . . Z 軸検出回路  
3 8 . . . トンネル電流検出回路  
3 9 . . . Z 軸制御回路  
4 0 . . . S T M 表示装置  
4 1 . . . X Y 走査回路  
A . . . . 正孔輸送材溶液  
B . . . . 電子輸送材溶液  
C . . . . 制御回路  
S D . . . 走査機構

【書類名】 図面

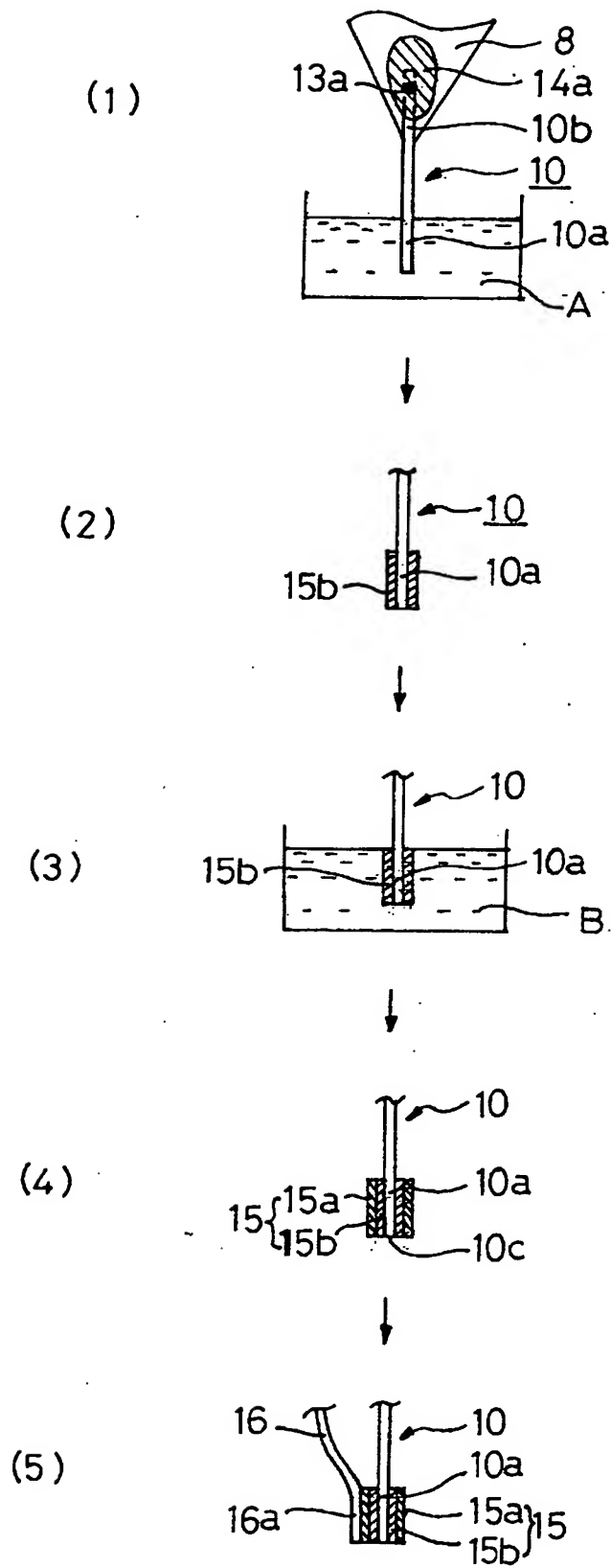
【図 1】



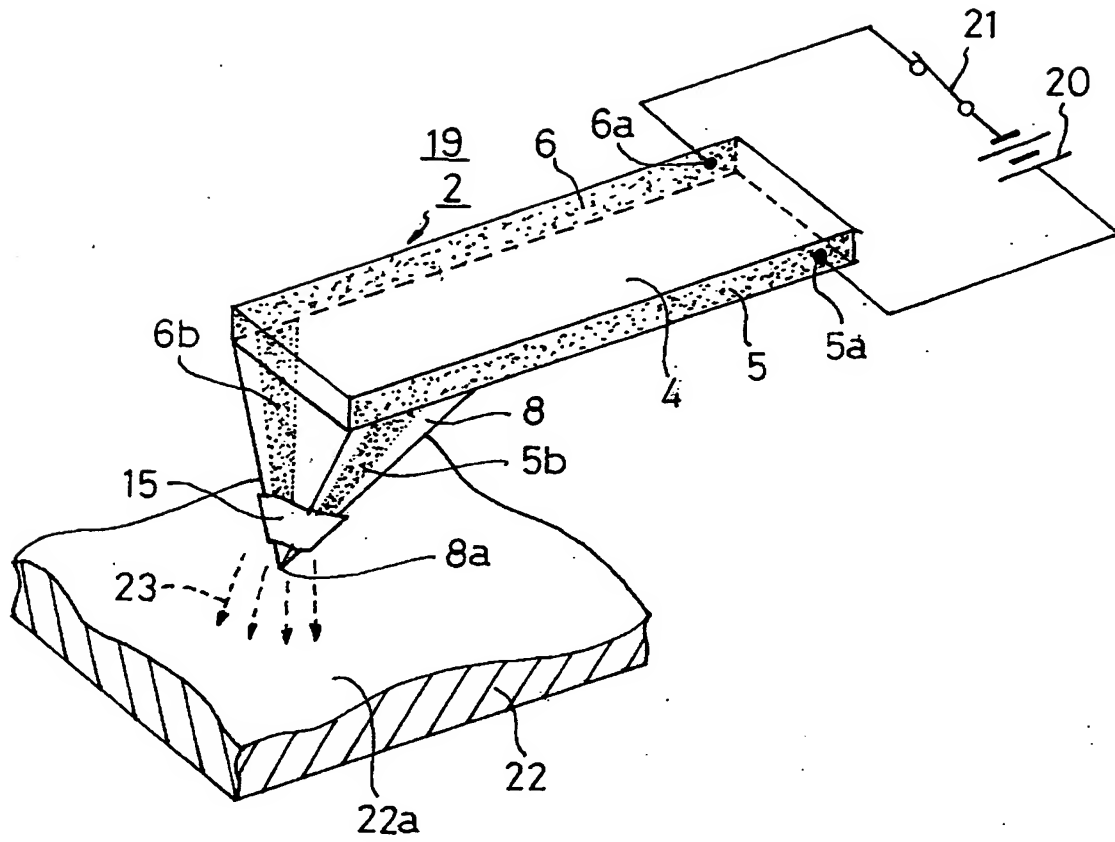
【図 2】



【図 3】

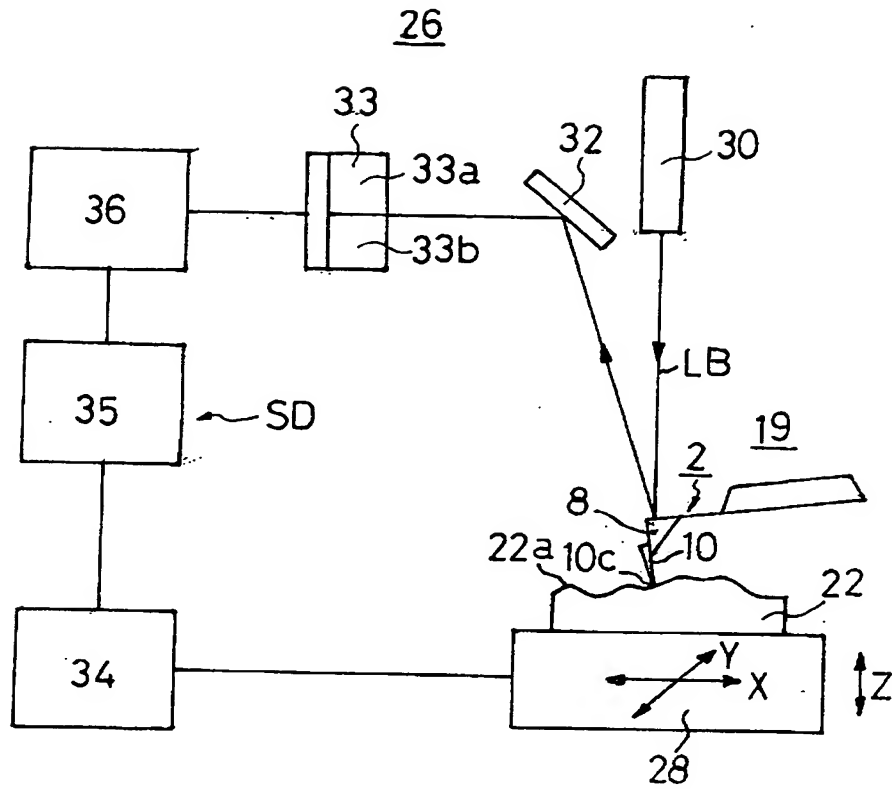


【図 4】

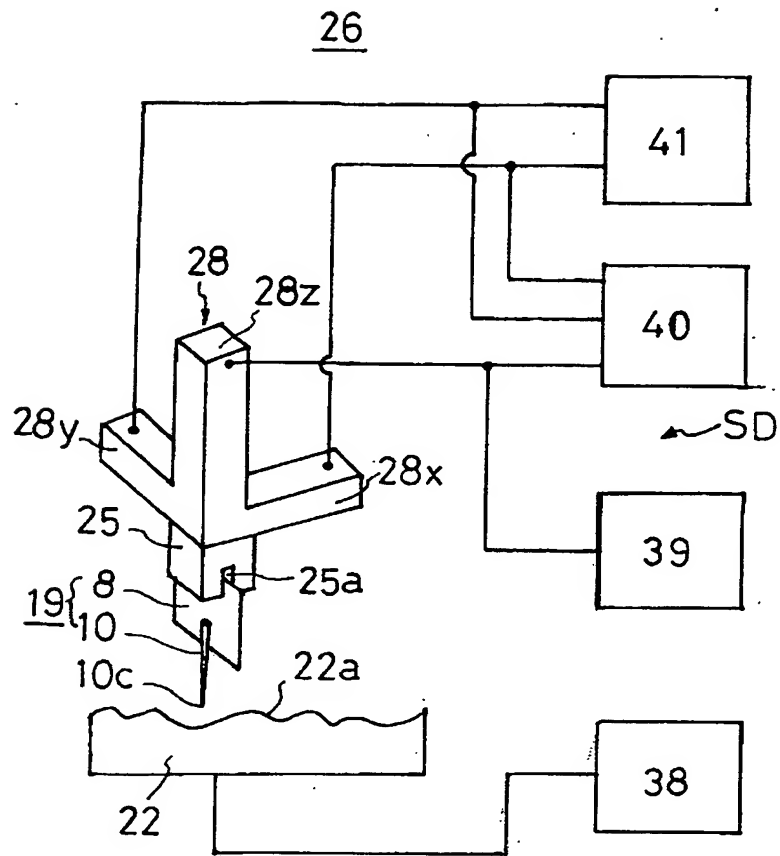




【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 試料表面のナノ領域をピンポイント的に点灯・消灯したり、試料からの放射光の受光を可能にし、有効活用できるナノ領域の光制御技術を実現する。

【解決手段】 本発明に係る受発光プローブ 1 9 は、ホルダー 8 に基端部 1 0 b を固定して先端部 1 0 a が突設された導電性ナノチューブ探針 1 0 と、この導電性ナノチューブ探針 1 0 の周面に形成された受発光体 1 5 と、この受発光体 1 5 に固定された導電性ナノチューブリード線 1 6 と、この導電性ナノチューブリード線 1 6 と前記導電性ナノチューブ探針 1 0 の両端に電圧を印加する手段から構成され、通電により前記受発光体 1 5 を受発光させることを特徴としている。また、本発明に係る受発光プローブ装置 2 6 は、前記受発光プローブ 1 9 と、この受発光プローブ 1 9 を試料 2 2 に対し走査する走査機構 S D と、前記受発光プローブ 1 9 の受発光体 1 5 を受発光させる制御回路 C からなり、試料表面 2 2 a の微小領域に発光・受光することを特徴とする。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2001-081672
受付番号	20100300059
書類名	特許願
担当官	吉野 幸代 4243
作成日	平成13年 4月 9日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	599004210
【住所又は居所】	大阪府枚方市香里ヶ丘1-14-2 9号棟 404
【氏名又は名称】	中山 喜萬

【特許出願人】

【識別番号】	591040292
【住所又は居所】	大阪府大阪市城東区放出西2丁目7番19号
【氏名又は名称】	大研化学工業株式会社

【代理人】

【識別番号】	申請人
【識別番号】	100084342
【住所又は居所】	大阪府堺市百舌鳥梅北町3丁125番地の211 三木特許事務所
【氏名又は名称】	三木 久巳

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [599004210]

1. 変更年月日 1999年 1月 6日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府枚方市香里ヶ丘1-14-2 9号棟 404

氏 名 中山 喜萬

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [591040292]

1. 変更年月日 1991年 3月 1日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市城東区放出西2丁目7番19号  
氏 名 大研化学工業株式会社